

라우팅 비용을 고려한 Mobile IP 핸드오버 방안[†]

(A Mobile IP Handover Scheme Based on Routing Costs)

박 희 동*

(Hee-Dong Park)

요 약 본 논문은 Mobile IPv4에서 단말의 핸드오버 후 새로운 패킷 전달 경로는 이전의 패킷 전달 경로와 같거나 유사할 확률이 높다는 사실을 이용하여 핸드오버 지연 및 시그널링 비용을 최소화하는 방안을 제안하였다. 제안 방안에서는 단말의 등록요청메시지를 수신한 외부 에이전트가 라우팅 비용을 이용하여 현재의 라우팅 경로와 이전 라우팅 경로의 상관성을 추정한다. 만약 현재의 라우팅 경로가 이전 경로와 같거나 유사하다면, 단말은 홈 에이전트 또는 상대노드로의 등록 과정 없이 이전의 외부에이전트로부터 패킷을 전달받게 된다. 성능 분석 결과 제안 방안은 기존의 핸드오버 및 경로 최적화 방안에 비해 지연 및 시그널링 비용을 효율적으로 감소시킬 수 있음을 확인할 수 있었다.

핵심주제어 : Mobile IPv4, 핸드오버, 라우팅 비용, 외부 에이전트

Abstract This paper proposes a new handover scheme to minimize handover delay and signaling costs, using the fact that a new packet forwarding path could be same or similar to the old one in Mobile IPv4. In the proposed scheme a foreign agent estimates the correlation between the new and old routing paths by using routing costs after receiving a registration request message from a mobile node. If the new packet forwarding path could be same or similar to the old one, the mobile node can receive packets from its old foreign agent without registering its new location with its home agent or correspondent node. The performance analysis shows that the proposed scheme can efficiently reduce handover delay and signaling costs.

Key Words : Mobile IPv4, handover, routing costs, foreign agent

1. 서 론

Mobile IP는 이동 노드 (MN; mobile node)가 다른 네트워크로 이동하더라도 계속해서 끊김 없는 인터넷 서비스를 제공하기 위한 IP 계층의 이동성 지원 기술이다[1, 2]. 다른 네트워크로 이동한 MN은 자신의 현재 위치를 홈 에이전트 (HA; home agent)에 등록하게 되는데, 만약 경로 최적화까지 고려할 경우 상대 노드 (CN; correspondent

node)에도 자신의 위치를 등록해야한다. 이러한 핸드오버 지연 및 시그널링 트래픽은 전체 성능을 떨어뜨리는 주요 원인이므로 이를 최소화하기 위한 다양한 연구가 이루어지고 있다.

본 논문은 Mobile IPv4에서 핸드오버 지연 및 시그널링 트래픽을 최소화하기 위해 라우팅 비용을 고려한 핸드오버 방안을 제안한다. 제안 방안은 다른 네트워크로 이동한 MN으로부터 등록 요청 (Registration request) 메시지를 수신한 FA (NF; new FA)는 라우팅 비용을 이용하여 새로운 패킷 전달 경로와 과거 패킷 전달 경로의 상관성을 추정하게 된다. 그 결과 두 개의 경로가 같거나 유사할 경우 단말은 HA 또는 CN에 자신의 현재 위치

[†] 이 논문은 2008년도 나사렛대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었음

* 나사렛대학교 정보통신학과, 충남 천안시 쌍용동 456, 브릿지관 212호 (E-mail : hdpark@kornu.ac.kr)

를 등록하지 않고 이전 FA (OF; old FA)로부터 패킷을 전달받게 되므로 핸드오버 지연 및 시그널링 비용을 크게 감소시킬 수 있다.

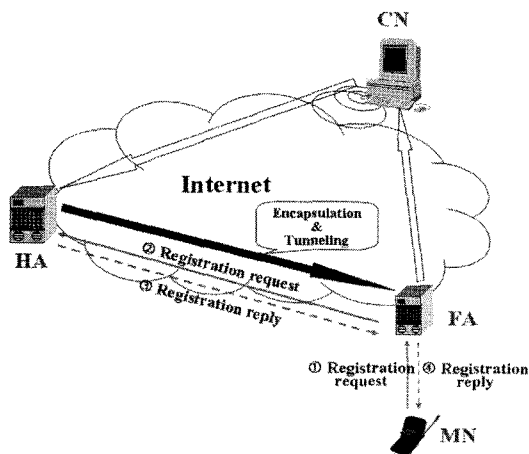
본 논문의 구성은 서론에 이어 II장에서 관련 연구 내용을 살펴보고 III장에서 제안 방안을 설명한다. IV장에서 기존의 방법과 제안 방안의 성능을 비교 분석한 후 V장에서 결론을 맺는다.

2. 방법

본 장에서는 핸드오버 과정을 중심으로 Basic Mobile IPv4, 경로 최적화 기법, 및 FA 버퍼링 기법 등에 대해 살펴본다.

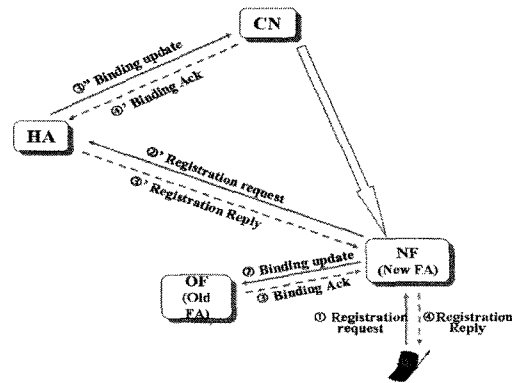
2.1 Basic Mobile IPv4 및 경로최적화

먼저 호스트의 이동성을 지원하기 위한 Basic Mobile IPv4의 동작과정은 그림 1에서와 같다. MN은 주기적으로 방송되는 agent advertisement 메시지를 통해 외부 네트워크로 이동하였음을 알게 되며 외부네트워크에서 사용할 COA (Care-of address)를 할당받게 된다. COA는 FA로부터 받거나 DHCP (dynamic host configuration protocol)를 통해 얻을 수 있다. MN은 획득한 COA를 바탕으로

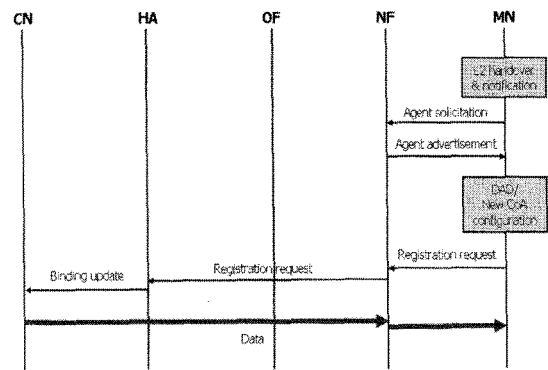


(그림 1) Basic Mobile IPv4

으로 FA에 registration request 메시지를 보내 위치등록을 요구하게 되고 FA는 이를 다시 HA에



(그림 2) MIPv4의 경로최적화



(그림 3) MIPv4 경로최적화 기법의 메시지 다이어그램

전송함으로써 HA가 MN의 현재위치를 알 수 있도록 한다. 바인딩 갱신 (binding update)이 완료된 HA는 registration reply 메시지를 FA에게 전송하고, 이를 수신한 FA가 MN에게 등록 응답을 함으로써 MN의 위치등록이 완료된다. MN으로 패킷전송을 원하는 CN은 MN의 홈 네트워크로 패킷을 전송하고, HA가 이를 인터셉트 (intercept)하여 MN의 현재위치로 터널링한다. MN이 CN으로 패킷을 전송할 경우는 HA에 경유할 필요 없이 기존의 라우팅 프로토콜을 이용하여 직접 전달할 수 있다.

그러나 CN이 MN에게 패킷을 전송할 경우 항상 HA를 경유해야하는 triangle 라우팅 문제가 존재하며, 이로 인한 전송지연의 증가와 데이터 손실 등 성능저하를 가져올 수 있다. 이를 해결하기 위해 HA가 CN에게 MN의 현재위치를 알려줌으로써 CN이 직접 MN의 COA로 터널링을 하는 방안

이 경로 최적화이다[3]. 경로 최적화 기법의 핸드오버 동작과정은 그림 2 및 3에서와 같다. Basic Mobile IP와의 차이는 NF가 HA뿐만 아니라 OF에게도 binding update 메시지를 전송하여 FA 간 패킷 전송을 통한 'smooth handoff'를 지원하며, registration request 메시지를 수신한 HA도 CN으로 binding update 메시지를 전송하여 CN이 최적 경로를 통해 MN으로 패킷을 전송할 수 있도록 하는 것이다. 그러나 경로 최적화를 위해서는 모든 CN에 바인딩 캐쉬 (binding cache)를 두어야 하는데 이것은 기존 호스트와의 호환성 문제를 일으킬 수 있다. 또한 여전히 핸드오버 시 데이터 손실, 전송 지연, 패킷 비순서화 등의 문제가 존재하며 시그널링 트래픽은 감소하지 않는다. 이러한 시그널링 트래픽은 핸드오버가 자주 발생할 경우 망의 자원을 크게 낭비할 수 있다.

2.2 FA 버퍼링 기법

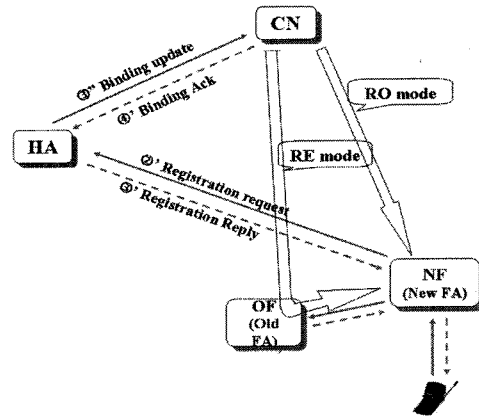
Mobile IP의 문제점들을 개선하기 위한 여러 가지 방법들이 제시되었는데, 그 중 FA에 버퍼링 기능을 두어 핸드오버 지연으로 인한 패킷 손실을 최소화하는 방안들이 있다.

[4] 및 [5]는 각각 Mobile IPv4 및 Mobile IPv6에서 L2 트리거를 이용하여 핸드오버 지연을 최소화하기 위한 방안들로서 FA 또는 AR (Access router)의 버퍼링을 통해 패킷 손실을 감소시킨다. 또한 Perkins 등이 제안한 [6]에서도 FA에 버퍼링 기능을 두어 핸드오버 시 발생하는 데이터 손실 및 FA 간의 중복 패킷 전송을 줄일 수 있는 방안을 제안하였다. FA는 버퍼에 MN으로 전송한 모든 패킷을 저장하고 있다가 핸드오버 시 새로운 FA로 패킷을 전달하여 데이터 손실을 최소화한다. 또 FA 간의 버퍼 핸드오버로 인한 중복 패킷 전송을 줄이기 위해 MN에도 버퍼를 두어 수신한 패킷의 IP 헤더를 저장하도록 하였다. 이 정보는 핸드오버 시 NF를 통해 OF로 전송되어 MN이 이미 수신한 패킷의 전송을 막을 수 있다. 그러나 이 방법에서도 전송 패킷의 비순서화는 여전히 발생할 수 있으며, 다른 네트워크로 이동한 MN으로 패킷을 전송하기 위해 소요되는 시간 및 시그널링 트래픽을 감소시킬 수 있는 메커니즘은 찾아볼 수

없다. 또한 데이터 손실 및 중복 데이터 전송을 감소시키기 위하여 큰 버퍼링 비용이 필요하며 FA뿐만 아니라 MN의 버퍼링 기능도 필요한 단점이 있다.

3. 라우팅 비용을 고려한 Mobile IP 핸드오버 방안

제안 방안은 Mobile IP에서 단말의 핸드오버 후 새로운 패킷 전달 경로는 이전의 패킷 전달 경로와 같거나 유사할 확률이 높다는 사실을 이용하여 핸드오버 지연 및 시그널링 비용을 최소화한다. 제안 방안은 Basic Mobile IPv4 및 경로 최적화 기



(그림 4) FA의 동작 모드

법에 모두 적용가능하나 본 논문에서는 경로최적화 기법에 적용하는 것으로 가정하고 제안 알고리즘을 설명한다. 또한 HA 및 FA와 같은 이동 에이전트 (MA; mobility agent)들은 라우터에 구현되는 것으로 가정하였는데, 이는 현실적인 가정이라 할 수 있다.

제안 방안에서는 핸드오버 시 FA의 동작모드를 크게 RO (route optimization) 모드, RE1 (route extension 1) 모드 및 RE2 (route extension 2) 모드의 세 가지로 정의하여 네트워크 환경에 따라 적응적인 핸드오버가 되도록 하였다. FA의 동작모드는 FA가 MN으로부터 위치등록 요구 메시지를 수신하면 라우팅 테이블의 경로비용을 이용하여 결정하는 것으로 RO 모드에서는 기존의 경로 최

적화 또는 FA 버퍼링 기법과 동일한 핸드오버를 수행한다. 그러나 FA가 RE 모드로 동작할 경우에는 MN의 현재 위치를 HA에 등록하지 않고 새로운 최적 경로를 추정하게 된다. 즉 그림 3에서 NF와 HA 간의 ②' registration request 메시지 및 ③' registration reply 메시지, HA와 CN간에 전송되는 ③" binding update 메시지 및 ④' binding acknowledgement 메시지의 전송 없이 이전의 최적 경로 즉 CN → OF에 OF → NF 경로를 추가한 CN → OF → NF를 새로운 최적경로로 추정함으로써 MN의 위치등록에 따른 지연과 시그널링 트래픽을 줄일 수 있다. 이 때 RE 모드는 MN이 네트워크에 일정시간 이상 머무르거나 CN과의 패킷 전송이 없을 경우 경로 최적화를 행하는 RE1 모드와 경로 최적화를 행하지 않는 RE2 모드로 나누어진다. 그림 4는 제안 방안에서 FA의 동작모드를 나타낸 것으로서, RO 및 RE 모드 각각에 대해 패킷의 경로를 보여 주고 있다.

그림 5는 제안방안의 알고리즘을 나타낸 것으로서, NF의 동작모드는 이전 최적경로인 OF~CN

$$mode_decision = RC_{NF-OF} + RC_{OF-CN} - RC_{NF-CN}$$

```

if mode_decision > TH_RC
    NF_mode = RO_mode
else if 0 < mode_decision ≤ TH_RC
    NF_mode = RE1_mode
    while (MN_STAY_TIME < TH_stay_time)
        if (No_data_stream) break
        Check (MN_STAY_TIME)
    NF_mode = RO_mode
else
    NF_mode = RE2_mode

```

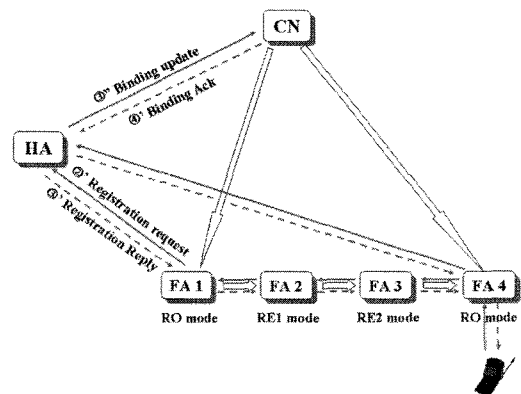
, where

RC_{NF-OF} : Routing Cost of between NF & OF
 RC_{OF-CN} : Routing Cost of between OF & CN
 RC_{NF-CN} : Routing Cost of between NF & CN

(그림 5) 제안방안의 알고리즘

간의 경로비용과 NF~OF 간의 경로비용을 더한 값에서 NF~CN 간의 경로비용을 뺀 mode_decision 값으로 결정한다. 만약 네트워크가 OSPF 등과 같은 링크 상태 라우팅 (Link state routing) 프로토콜로 동작한다면 모든 라우팅 비용은 FA의 링크

상태 데이터베이스 (Link state database)로부터 얻을 수 있다. 그러나 네트워크가 거리 벡터 라우팅 (Distance vector routing) 프로토콜로 동작할 경우에는 OF → CN의 경로비용 정보는 핸드오버 시 MN이 NF로 전송하는 registration request 메시지에 포함되도록 한다. 이 mode_decision 값이 문턱치 TH_{RC} 보다 클 경우는 기존의 RO 모드로 동작하고, TH_{RC} 보다 작고 0보다 클 경우에는 RE1 모드로 동작한다. RE1 모드에서는 일단 새로운 최적경로를 CN → OF → NF로 추정하여 경로 최적화를 수행하지 않지만, MN이 네트워크에서 머무르는 시간이 TH_{stay_time} 보다 클 경우는 경로 최적화를 행하는 RO 모드로 바뀌게 된다. 경우에 따라 MN이 머무르는 시간이 TH_{stay_time} 보다 작을 경우라도 CN과 MN의 패킷전송이 없을 경우에는 RO 모드로의 전환이 가능하다. 마지막 세 번째의 경우는 mode_decision 값이 0인 경우로 생각할 수 있는데 이는 추정된 최적경로 즉 CN → OF → NF가 실제의 최적경로와 일치하는 것으로 생각할 수 있다. 즉 그림 4에서 RO 모드의 패킷 전달 경로가 RE 모드의 패킷 전달 경로와 동일한 것으로 볼 수 있다. 제안한 알고리즘에서 TH_{RC} 와 TH_{stay_time} 은 망의 토폴로지와 HA 및 CN의 위치에 따라 적절한 값을 결정할 수 있다.

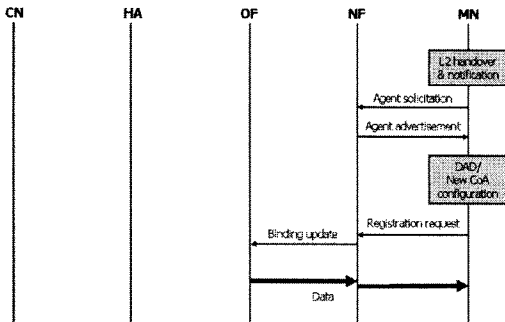


(그림 6) 제안방안의 시나리오

특히 경로비용과 전송지연은 어느 정도 비례하는 것으로 볼 수 있으므로 NF~HA의 경로비용, HA~CN의 경로비용 및 NF~CN의 경로비용을 이용하여 TH_{RC} 값을 결정한다. 만약 TH_{RC} 값을 0으로 설정하면 FA의 동작모드는 RO 및 RE2 모드

중 하나로 쉽게 결정될 수 있다. 한편 TH_{stay_time} 값은 MN의 이동 속도에 따라 적응적으로 설정할 수 있지만, 라우팅 프로토콜의 Hello packet 전송 간격 (Hello interval) 값으로 설정할 수 있다.

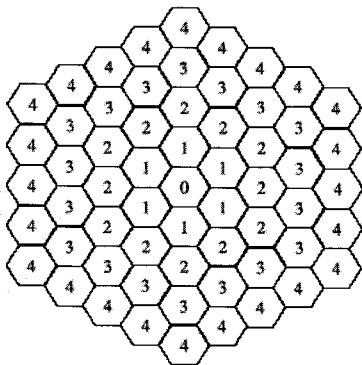
그림 6은 제안 방안의 동작 예를 나타낸 것으로서 RE 모드로 동작하는 FA가 많을수록 높은 성능 향상을 기대할 수 있다. 그림 7은 FA가 RE 모드로 동작할 경우의 메시지 다이어그램을 나타낸 것이다.



(그림 7) 제안방안 (RE 모드)의 메시지 다이어그램

4. 성능 분석

본 장에서는 단말의 핸드오버 성능분석 등에 폭넓게 사용되는 Fluid-Flow 이동성 모델을 사용하여 제안 방안의 성능을 분석한다[7-9]. 그림 8은 서브넷 구조를 나타낸 것으로, 각 육각형 셀 (Cell)은 하나의 서브넷에 해당한다. 셀에 적혀 있는 번



(그림 8) 서브넷 구조

호를 r 이라고 할 때 각 링 (R)에 속한 셀의 개수는 $6r$ ($r \geq 0$)이므로, 특정 링 (R) 내부에 속한 모든 셀의 개수 $N(R)$ 은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$N(R) = \sum_{r=1}^R 6R+1 = 3R(R+1)+1 \quad (1)$$

Fluid flow 이동성 모델에서 MN의 이동 방향은 $(0, 2\pi)$ 범위에서 일정하게 분산되어 있다고 가정한다. 또한, 셀에 존재하는 MN의 밀도를 ρ [mobiles/m²], 평균 이동 속도를 v [m/sec], 셀의 둘레 길이를 L_c [m]라고 할 때, MN의 Cell crossing rate (r_c) 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$r_c = \frac{\rho v L_c}{\pi} \quad [\text{mobiles/sec}] \quad (2)$$

성능 분석은 제안 방안의 RE 모드와 기존의 MIPv4 경로최적화 기법과 동일하게 동작하는 RO 모드를 핸드오버 지연, 시그널링 비용, 및 패킷손실 비율에 대하여 각각 비교한다. 성능 분석에 사용할 파라미터는 표 1에서와 같다[7-10].

4.1 핸드오버 지연 (Handover delay)

핸드오버 지연은 2계층 핸드오버 시작부터 HA 및 CN에서의 바인딩 갱신 후 MN이 첫 번째 패킷을 수신할 때까지의 시간으로 정의한다. 또한 링크 지연만을 고려하며, 전송 지연 및 처리 지연은 고려하지 않는다. RO 및 RE 모드에서의 핸드오버 지연은 그림 3 및 7에 나타난 메시지 흐름을 이용하여 각각 수식 (3) 및 (4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$D_{HO(RO)} = D_{L2} + D_{DAD} + 4L_{wi} + L_w (H_{NF-HA} + H_{HA-CN} + H_{CN-NF}) \quad (3)$$

$$D_{HO(RE)} = D_{L2} + D_{DAD} + 2L_{wi} + 2L_w \quad (4)$$

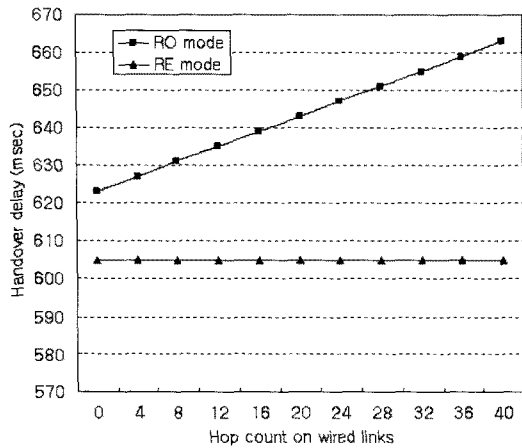
그림 9는 수식 (3) 및 (4)를 바탕으로 유선 구간의 홉 개수에 대한 핸드오버 지연을 나타낸 것으로서, RO 모드의 핸드오버 지연은 유선 구간의 홉 개수에 비례하여 증가하지만 RE 모드의 핸드오버 지연은 유선 구간의 홉 개수에 상관없이 일정한 값을 갖게 된다. 표 1의 파라미터 값을 대입하여

<표 1> 성능분석 파라미터

파라미터	정 의	사용 값
D_{HO}	핸드오버 지연	N/A
D_{I2}	2계층 핸드오버 지연	100 ms
L_{wl}	무선 링크 지연	2 ms
L_w	유선 링크 지연	0.5 ms
D_{DAD}	DAD 소요시간	500 msec
H_{NF-HA}	NF와 HA 간 홉 개수	10
H_{HA-CN}	HA와 CN 간 홉 개수	10
H_{CN-NF}	CN과 NF 간 홉 개수	10
H_{NF-OF}	CN과 NF 간 홉 개수	1
ρ	MN의 밀도(Mobility density)	0.0002 users/m ²
L_c	셀 둘레 길이(Cell perimeter)	120 m
C_{wl}	무선 링크에서의 단위 전송 비용 (Transmission cost)	2
C_w	유선 링크에서의 단위 전송 비용 (Transmission cost)	1

계산한 결과는 표 2에서와 같다.

$$C_{fluid} = (N(R)r_c)C = \frac{\rho v L_c}{\pi} (3R^2 + 3R + 1)C \quad (5)$$



(그림 9) 홉 개수에 따른 핸드오버 지연

<표 2> 핸드오버 지연

	RO mode	RE mode
D_{HO}	623 ms	605 ms

4.2 시그널링 비용 (Signaling costs)

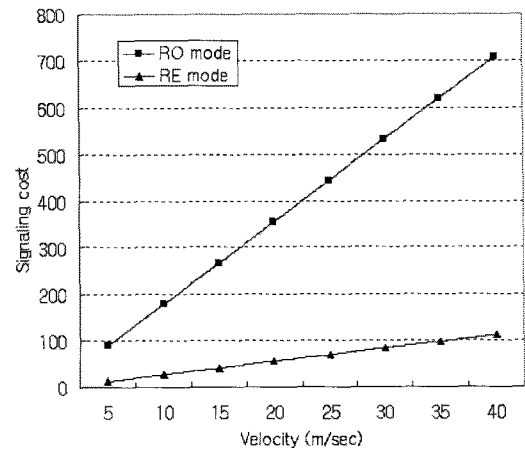
Fluid-flow 이동성 모델에서 시그널링 비용은 수식 (5)와 같이 나타낼 수 있다.

수식 (5)에서 C는 단일 핸드오버 시 발생하는 시그널링 비용을 나타낸다. 수식 (3) 및 (4)를 이용하여 RO 및 RE 모드에서의 C를 나타내면 각각 수식 (6) 및 (7)에서와 같다.

$$C_{RO} = 4C_{wl} + C_w (H_{NF-HA} + H_{HA-CN} + H_{CN-NF}) \quad (6)$$

$$C_{RE} = 2C_{wl} + 2C_w \quad (7)$$

그림 10은 R이 4일 경우 Fluid flow 이동성 모



(그림 10) 시그널링 비용 (R=4)

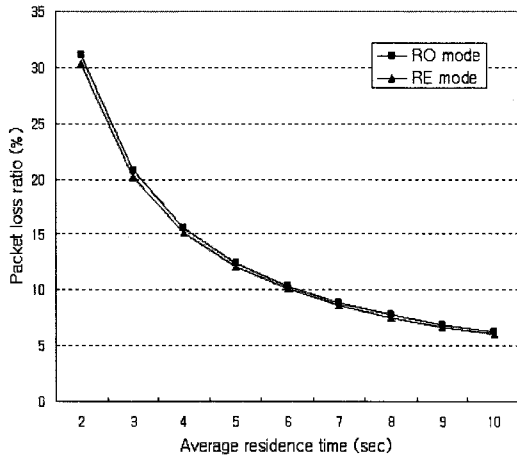
텔에서 MN의 이동 속도에 따른 시그널링 비용을 나타낸 것이다. RO 모드에 비해 RE 모드의 시그널링 비용이 크게 감소함을 확인할 수 있다.

4.3 패킷 손실률 (Packet loss ratio)

패킷 손실률은 핸드오버 시 발생하는 서비스 중단 시간, 즉 핸드오버 지연 시간과 MN이 하나의 셀에서 머무르는 평균 시간과의 비로서 수식 (8) 과 같이 나타낼 수 있다.

$$\rho_{loss} = \frac{D_{HO}}{t_{cell}} \times 100 \quad [\%] \quad (8)$$

위 식에서 t_{cell} 은 MN이 셀에 머무르는 평균 시간을 의미한다. 그림 11은 t_{cell} 의 변화에 따른 패킷 손실률을 나타낸 것으로서, RE 모드가 기존의 경로 최적화 기법대로 동작하는 RO 모드에 비해 패킷 손실이 감소함을 알 수 있다.



(그림 11) 패킷 손실률

5. 결론

본 논문에서 제안한 Mobile IP 핸드오버 방안은 MN이 다른 네트워크로 이동할 경우 HA 또는 CN으로부터 MN까지의 패킷 전달 경로는 핸드오버 이전의 경로와 같거나 유사할 확률이 높다는 사실을 이용한다. 두 경로 사이의 상관성은 MN의

로부터 위치등록 요구 메시지를 수신한 FA가 라우팅 비용을 이용하여 추정하는데, 그 결과에 따라 FA의 동작모드는 RO, RE1, 또는 RE2 중 하나가 된다. RO 모드에서는 기존의 방법과 동일한 절차를 따르지만, RE 모드에서는 NF와 HA 간의 registration request 메시지 및 registration reply 메시지, 그리고 HA와 CN 간의 binding update 메시지 및 binding acknowledgement 메시지의 전송 없이 CN → OF → NF를 새로운 최적경로로 추정하게 된다. 즉 RE 모드로 동작하는 FA는 HA 또는 CN에 MN의 위치를 등록하지 않고 이전 FA로부터 패킷을 전달 받음으로써 MN의 위치등록에 따른 지연과 시그널링 트래픽을 크게 줄일 수 있다. 성능 분석을 통하여 제안 방안이 기존의 방안에 비해 우수한 성능을 나타냄을 확인할 수 있었다.

참고 문헌

- [1] C. Perkins, Ed., "IP Mobility Support for IPv4, revised," IETF Internet Draft, Oct. 2008.
- [2] D. Johnson, and C. Perkins, J. Arkko, "Mobility Support in IPv6," IETF Internet Draft, Oct. 2008.
- [3] C. Perkins and D. Johnson, "Route Optimization in Mobile IP," IETF Internet Draft, Feb. 2000.
- [4] K. Malki, Ed., "Low-Latency Handoffs in Mobile IPv4," IETF RFC 4881, June 2007.
- [5] R. Koodli, Ed., "Mobile IPv6 Fast Handovers," IETF RFC 5268, June 2008.
- [6] C. Perkins and K. Wang, "Optimized Smooth Handoffs in Mobile IP," Proc. of the 4th IEEE Symposium on Computers Communications, pp. 340-346, July 1999.
- [7] P. Sanghoon and C. Yanghee, "A Study on Performance of Hierarchical Mobile IPv6 in IP-Based Cellular Networks," *IEICE Trans. Commun.*, Vol.E87-B, No.3, pp. 462-469, Mar. 2004.
- [8] X. Zhang, J. G. Castellanos, and A. T.

Capbell, "P-MIP: Paging Extensions for Mobile IP," *ACM Mobile Networks and Applications*, Vol.7, No.2, pp. 127-141, Apr. 2002.

- [9] 박시현, 김영한, "MIH 서비스를 이용한 고속 NetLMM 프로토콜," *전자공학회논문지/TC* 편 제43권 11호, pp. 35-43, 2006년 11월.



박 회 동 (Hee-Dong Park)

- 정회원
- 1993년 2월 : 경북대학교 전자공학과 졸업(학사)
- 1998년 2월 : 경북대학교 전자공학과 졸업(석사)
- 2005년 8월 : 경북대학교 전자공학과 졸업 (박사)
- 1998-2007년 : 포항대학 컴퓨터응용 계열 조교수
- 2007-현재 : 나사렛대학교 정보통신학과 전임강사
- 관심분야 : 이동네트워크, WPAN, 센서네트워크, 멀티미디어통신